

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 04.03.2015

Name/Vorname: _____ / _____ Matr.-Nr./Knz.: _____ / _____

1. Leitungsgleichungen (24 Punkte)

Auf einem Mast ist ein 110 kV-Drehstromfreileitungssystem bestehend aus Einfachleitern eines Durchmessers von 21,8mm mit den folgenden geometrischen Daten der Aufhängung aufgezogen (Koordinatenursprung = Mastfußpunkt):

L1: $x = -3\text{m}$ $y = 15\text{m}$

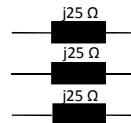
L2: $x = 2\text{m}$ $y = 20\text{m}$

L3: $x = 5\text{m}$ $y = 12\text{m}$

Der bezogene Gleichstromwiderstand des Leiterseils beträgt $0,1188 \frac{\Omega}{\text{km}}$. Die Leitung ist 300km lang und verdrillt. Die thermische Dauerstrombelastbarkeit des Leiterseils beträgt 645 A . Für den Stromverdrängungsfaktor soll $1,07$ angenommen werden.

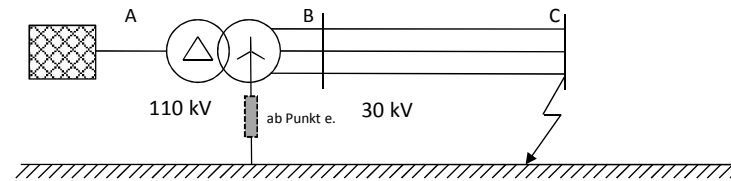
- a. (4) Wie groß ist der induktive Anteil der **längenbezogenen symmetrischen Betriebsreaktanz** der Leitung?
- b. (4) Wie groß sind die **Dämpfungs-, Phasen und Ausbreitungskonstante** der Leitung unter der zusätzlichen Annahme, dass $G' = 0 \frac{\text{S}}{\text{km}}$ und $C' = 8,5 \frac{\text{nF}}{\text{km}}$ ist?
HINWEIS: Verwenden Sie die Näherung ($R \ll \omega L, G \ll \omega L$).
- c. (4) Wie groß ist die **natürliche Leistung** und wie groß ist die **thermisch übertragbare Scheinleistung** der verlustlosen Leitung ($R' = 0 \frac{\Omega}{\text{km}}, G' = 0 \frac{\text{S}}{\text{km}}$)?
- d. (3) Die Leitung wird im Leerlauf betrieben. Wie groß ist die **Spannung am Ende** der verlustlosen Leitung?

- e. (6) Die Leitung wird an ihrem Ende mit einer dreiphasigen, induktiven Last (siehe Bild rechts) abgeschlossen und am Leitungsanfang mit Nennspannung betrieben. Wie groß ist die **Eingangsimpedanz Z_1** der verlustlosen Leitung?



- f. (3) Die Leitung wird durch eine fremde Einwirkung an ihrem Ende kurzgeschlossen. Wie groß ist der **Kurzschlussstrom** wenn die verlustlose Leitung am Leitungsanfang mit Nennspannung betrieben wird?

2. Einpoliger Kurzschluss (24 Punkte)



Netz:

$U_N = 110\text{ kV}; S_k'' = 2500\text{ MVA} (c=1); R = 0$

Transformator:

$U_A/U_B = 110/30; S_N = 40\text{ MVA}; u_k = 12\% \text{ (Annahme } P_k = 0); X_0 = 5\ \Omega \text{ (auf } 30\text{ kV Seite)}$

Freileitung:

$R' = 0; X_B' = 0,35\ \Omega/\text{km}; X_0' = 0,9\ \Omega/\text{km}; l = 10\text{ km}$

Der Sternpunkt des Transformators ist auf der 30kV-Seite starr geredet ($R_E = 0$). An der Sammelschiene C ereignet sich ein **einpoliger Erdkurzschluss**:

- a. (3) Zeichnen Sie das **relevante Ersatzschaltbild** dieses Fehlerfalls im Komponentensystem (**Spannungen, Ströme, alle Impedanzen**).
- b. (3) Bestimmen Sie die wirksame **Gesamtreaktanz** der Ersatzschaltung im Mit-, Gegen- und Nullsystem.
- c. (3) Wie groß ist der **einpolige Erdkurzschlussstrom** ($c = 1,1$)?
- d. (9) Wie groß sind die **Phasenspannungen und Phasenströme** am Kurzschlussort?

Zur Begrenzung des **einpoligen Erdkurzschlussstromes** wird auf der 30kV-Seite des Transformators im Sternpunkt eine **Petersenspule** angeschlossen (siehe Bild).

- e. (4) Welchen **Induktivitätswert** muss die Petersenspule bei idealer Kompensation aufweisen?
HINWEIS: C'_E der Freileitung beträgt 16 nF/km und vernachlässigen Sie für diesen Punkt alle gegebenen Reaktanzen.
- f. (2) Wie groß ist jetzt der **einpolige Erdkurzschlussstrom** ($c = 1,1$)?

3. Wirtschaftlichkeitsvergleich

Über ein Solarkraftwerk (solarthermisches Kraftwerk mit Salzschnmelze und Speicher), das als Versuchsanlage fungiert, sind folgende Angaben bekannt:

Leistung	20 MW _{el}
Errichtungskosten	220 Mio. €
geschätzte Jahresenergieeinspeisung	110 GWh/a
leistungsabhängige Kosten	5% der Errichtungskosten pro Jahr

Um die Wirtschaftlichkeit dieser Versuchsanlage beurteilen zu können, soll ein konventionelles GuD-Kraftwerk mit folgenden Daten betrachtet werden:

spezifische Errichtungskosten	600 €/kW _{el}
leistungsabhängige Kosten	90 €/kW _{el} a
Brennstoffkosten	0,40 €/m ³ Erdgas
Heizwert von Erdgas H _u	35 MJ/m ³
Gesamtwirkungsgrad	60 %
betriebsabhängige Kosten	0,001 €/kWh _{el}

Für beide Anlagen sollen eine Nutzungsdauer von 25 Jahren und ein Zinssatz am Kapitalmarkt von 8% gelten.

- (7) Ermitteln Sie die **Stromgestehungskosten** für das **Solarkraftwerk**.
- (4) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** des **GuD-Kraftwerks**, wenn es die gleiche Volllaststundenzahl pro Jahr aufweist, wie das Versuchskraftwerk?
- (6) Wie hoch dürften die **spezifischen Errichtungskosten** vom **Solarkraftwerk maximal** sein, damit dieses mit dem konventionellen GuD-Kraftwerk konkurrieren kann?
Hinweis: Auch die leistungsabhängigen Kosten ändern sich, sie belaufen sich weiterhin auf 5% der jeweiligen Errichtungskosten!
- (7) Um zusätzliche 24 Mio. € könnte das **Solarkraftwerk** mit größeren Speichern ausgestattet werden, wodurch sich die Volllaststundenzahl um 16% erhöht. Wäre dies eine **sinnvolle Investition**? (Es gilt hier ebenso der Hinweis von Punkt c.)

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

- ___ Gegen Wiedereinschalten sichern
- ___ Erden und kurzschließen
- ___ Spannungsfreiheit allpolig feststellen
- ___ Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken
- ___ Freischalten (d.h. allpoliges Trennen einer elektrischen Anlage von spannungsführenden Teilen)

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 04.03.2015

Name/Vorname: _____ / _____ Matr.-Nr./Knz.: _____ / _____

5. Theoriefragen (24 Punkte)

Richtige Antwort bitte deutlich markieren.

Hinweis: Es ist jeweils eine Antwort richtig!

-
- Wie bezeichnet man die sicher nachgewiesenen und mit bekannter Technologie wirtschaftlich gewinnbarer Vorkommen fossiler Energieträger in der Erdkruste?
 - Reserven
 - Ressourcen
 - statische Reichweite

 - Welche Amplitude haben die Leiter-Erde-Spannungen in einem symmetrischen 110kV-Netz?
 - Etwa 110kV·√2
 - Etwa 110kV/√2
 - Etwa 110kV/√3
 - Etwa 110kV/√3·√2

 - Mit welcher Frequenz pulsiert die Augenblicksleistung in einem 50Hz-Wechselstromsystem?
 - Mit 50Hz
 - Mit 100Hz
 - Gar nicht

 - Welche Spannungen werden als Nennspannungen im Drehstromsystem angegeben?
 - Mitsystemspannungen
 - Leiter-Erde-Spannungen
 - Verkettete Spannungen

 - Die Generatoren eines Kraftwerkes, das an ein 50Hz-Netz angeschlossen ist, haben eine Polpaarzahl von 6. Welche synchrone Drehzahl haben die Generatoren?
 - 300 Umdrehungen/min
 - 500 Umdrehungen/min
 - 600 Umdrehungen/min

6. Wie verhält sich eine Leitung, die oberhalb der natürlichen Leistung betrieben wird, gegenüber dem Energiesystem?

- Eher wie eine Induktivität
- Eher wie eine Kapazität
- Eher wie ein Widerstand

7. Welches Bauelement kann eingesetzt werden, um eine unterhalb der natürlichen Leistung betriebene Leitung zu kompensieren?

- Eine Drosselspule (Induktivität)
- Eine Kondensatorbatterie (Kapazität)
- Ein Widerstand

8. Was soll beim Parallelschalten von Transformatoren berücksichtigt werden?

- Die Transformatoren sollten vom gleichen Hersteller stammen
- Die bezogene Kurzschlussspannungen sollten gleich sein
- Die Anzahl der Windungen auf der Primär- und Sekundärseite sollten jeweils gleich sein

9. An einem möglichen Standort für eine Wasserkraftanlage kann eine Wassermenge Q von $1\text{m}^3/\text{s}$ über eine Höhendifferenz von 10 Metern genutzt werden. Wie groß wäre ungefähr die elektrische Leistung des Generators in der Anlage?

- 10kW
- 80kW
- 100kW
- 10MW

10. In welchem Kernreakortyp wird ein Wärmetauscher zwischen Primärkühlkreis und Sekundärdampfkreislauf eingesetzt?

- Im Siedewasserreaktor
- Im Druckwasserreaktor
- In keinem der beiden Reaktortypen

11. Wie hängt die mögliche Leistung einer Windturbine von der Windgeschwindigkeit v ab?

- Linear ($\sim v$)
- Quadratisch ($\sim v^2$)
- Kubisch ($\sim v^3$)
- Gar nicht

12. Welche Wasserturbine ist in diesem Bild dargestellt?

- Eine Kaplan-turbine
- Eine Francis-turbine
- Eine Pelton-turbine



13. Wie verhält sich die Geschwindigkeit des Wasserstrahls auf eine Pelton-turbine, wenn die Leistung durch Reduzieren des Volumenstroms gesenkt wird.

- Die Geschwindigkeit wird kleiner
- Die Geschwindigkeit bleibt gleich
- Die Geschwindigkeit wird höher

14. Bei welcher Art der Regelung einer Windkraftanlage werden die einzelnen Rotorflügel verstellt?

- Bei der Pitch-Regelung
- Bei der Stall-Regelung
- Bei der Widerstands-Regelung

15. Bei welchem Kurzschlussstromverlauf klingt das Wechselglied ab?

- Beim generatorfernen Kurzschlussstromverlauf
- Beim generatornahen Kurzschlussstromverlauf
- Beim dreipoligen Kurzschluss

16. Um welchen Faktor erhöhen sich die Leiter-Erde-Spannungen der beiden gesunden Phasen während eines einpoligen Erdschlusses in Netzen mit isoliertem Sternpunkt?

- Um den Faktor $\sqrt{2}$
- Um den Faktor $\sqrt{3}$
- Um den Faktor 2

17. Welche Art von Schaltern kann Kurzschlussströme ausschalten?

- Trenner
- Lastschalter
- Leistungsschalter

18. Kann der einpolige Fehlerstrom größer als der dreipolige Fehlerstrom sein?

- Ja
- Nein

19. Wann tritt praktisch kein Gleichglied im Kurzschlussstromverlauf auf?

- Wenn der stationäre Fehlerstrom im Zeitpunkt des Fehlereintritts gerade seinen Nulldurchgang hätte
- Wenn der stationäre Fehlerstrom im Zeitpunkt des Fehlereintrittes gerade seinen maximalen Wert hätte
- Wenn der Strom unmittelbar vor Fehlereintritt gerade seinen maximalen Wert hatte

20. In einem Verbundsystem, das aus den drei Regelzonen A, B und C besteht, kommt es in der Regelzone A zu einem ungeplanten Ausfall eines Kraftwerkes, das zuvor mit voller Leistung eingespeist hat.

Wie verhält sich die Frequenz im Verbundsystem?

- Die Frequenz steigt an
- Die Frequenz sinkt ab
- Die Frequenz bleibt konstant

Welche der Regelzonen beteiligen sich an der Primärregelung?

- Nur die Regelzone A
- Nur die Regelzonen B und C
- Alle Regelzonen gemeinsam

Welche der Regelzonen beteiligen sich an der Sekundärregelung?

- Nur die Regelzone A
- Nur die Regelzonen B und C
- Alle Regelzonen gemeinsam

21. Welcher Anteil der Stromgestehungskosten wird maßgeblich durch die Kosten für den Primärenergieträger beeinflusst?

- Die leistungsabhängigen Kosten
- Die arbeitsabhängigen Kosten
- Die betriebsabhängigen Kosten

22. Was ist in etwa der typische Wert für die Volllaststunden einer Photovoltaikanlage in Österreich?

- 1000 h/a
- 2500 h/a
- 4000 h/a
- 8760 h/a